

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
<i>Abstrak</i>	iv
<i>Abstract</i>	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Faktor-Faktor Pertimbangan Dalam Desain Struktur di Lautan	5
2.1.1 Tahapan Utama Proses Perencanaan Struktur Lepas Pantai	5
2.1.2 Perbedaan Perencanaan Fondasi di Lautan dan Struktur Fondasi di Daratan	7
2.2 Investigasi Awal.....	8
2.2.1 Studi Geologi	8
2.2.2 Survei Geofisika.....	8

2.2.3	Survei Geoteknik	11
2.3	Investigasi Lapangan.....	12
2.3.1	<i>Cone Penetrometer Test (CPT)</i>	12
2.3.2	<i>Seismic Cone Test</i>	13
2.3.3	<i>Electrical Conductivity Cone / EC Probing</i>	14
2.4	Fondasi Jembatan	15
2.4.1	Fondasi <i>Caisson</i>	16
2.4.2	Fondasi Tiang Pancang	20
2.4.3	Fondasi Tiang Bor.....	24
2.4.4	<i>Coffedam</i>	27
2.4.5	<i>Deep Water Bridge Foundation</i>	28
2.5	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tiang di Laut.....	29
2.5.1	Korosi.....	29
2.5.2	<i>Scouring</i>	31
2.5.3	Beban Tumbukan Kapal (<i>Berthing Forces</i>).....	33
2.5.4	Beban Arus.....	38
2.5.5	Beban <i>Debris</i>	38
2.5.6	Beban Jembatan	41
2.6	Daya Dukung Tiang	42
2.6.1	Daya Dukung Tiang Tahanan Ujung (Q_p)	42
2.6.2	Daya Dukung Tiang Gesekan Kulit (Q_s)	44
2.6.3	Daya Dukung Ijin.....	47
2.7	Daya Dukung Lateral Tiang.....	48
2.7.1	Metode Broms.....	49
2.7.2	Metode Evans dan Duncan	52

2.7.3	Metode Mayerhof.....	53
2.8	Parameter Tanah.....	54
2.8.1	Konsistensi Tanah.....	54
2.8.2	<i>Undrained Shear Strength</i> (S_u).....	55
2.8.3	Berat Jenis Tanah (γ).....	56
2.8.4	Sudut Geser Dalam (ϕ) & Kerapatan Relatif (D_r).....	58
2.8.5	<i>Poisson Ratio</i> (ν).....	59
2.8.6	Angka Pori (<i>void ratio</i>).....	59
2.8.7	Modulus Elastisitas.....	60
2.9	Metode Konstruksi Fondasi Tiang Bor Metode <i>Casing</i>	61
2.9.1	Fabrikasi dan Instalasi <i>Steel Casing</i>	61
2.9.2	Pemasangan <i>Platform</i>	62
2.9.3	Pengeboran.....	63
2.9.4	Instalasi dan Penempatan Tulangan.....	65
2.9.5	Persiapan dan Pengecoran Beton.....	66
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	68
3.1	Studi Literatur.....	68
3.2	Pengumpulan Data.....	68
3.3	Pengolahan Data.....	68
3.4	Perhitungan Daya Dukung.....	68
3.5	Perhitungan Beban-Beban.....	68
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	69
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1	Data Tanah.....	70

4.2	Menetapkan Parameter Tanah.....	75
4.2.1	Menentukan Klasifikasi Tanah	75
4.2.2	Nilai Desain <i>Undrained Shear Strength</i> (S_u).....	77
4.2.3	Nilai Desain Kohesi (c).....	79
4.2.4	Nilai Desain Berat Jenis Tanah (γ)	81
4.2.5	Nilai Desain Sudut Geser Dalam (ϕ)	83
4.2.6	Nilai Desain Angka Pori (<i>void ratio</i>).....	85
4.2.7	Nilai Desain Modulus Elastisitas (E_s).....	87
4.2.8	<i>Summary</i> Parameter Tanah	89
4.3	Data Fondasi	89
4.4	Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi	91
4.4.1	Daya Dukung Ujung Tiang.....	91
4.4.2	Daya Dukung Selimut Tiang	92
4.4.3	Daya Dukung Ijin Tiang	93
4.5	Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi	93
4.5.1	Beban Lateral Maksimum pada Tiang (Tanah Kohesif)....	93
4.5.2	Beban Lateral Maksimum pada Tiang (Tanah Granular)..	95
4.5.3	Beban Lateral Ijin	98
4.5.4	Defleksi Tiang Maksimum	98
4.6	<i>Scouring</i>	99
4.6.1	Perhitungan Kedalaman <i>Scouring</i>	99
4.6.2	Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Akibat <i>Scouring</i> 99	
4.6.3	Beban Lateral Akibat <i>Scouring</i>	103
4.7	Beban Tumbukan Kapal (<i>Berthing Forces</i>).....	103

4.8	Beban Arus.....	105
4.9	Beban <i>Debris</i>	105
4.10	Beban <i>Coating</i>	106
4.11	Beban Jembatan	107
4.12	Daya Dukung Efektif Fondasi.....	108
4.12.1	Daya Dukung Aksial Efektif.....	108
4.12.2	Daya Dukung Lateral Efektif.....	108
4.13	<i>Summary</i> Fondasi Tiang Bor Metode <i>Casing</i>	109
4.14	Persen Reduksi Daya Dukung Akibat Beban-beban.....	110
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	111
5.1	Kesimpulan	111
5.2	Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA	114
DAFTAR BACAAN	117

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel dimensi kapal (Katalog <i>Bridgestone Fender Design Manual</i>) ...	37
Tabel 2.2 <i>Value of Importance Coefficient, C_I</i> (ASCE 7-05)	39
Tabel 2.3 <i>Value of Depth Coefficient, C_D</i> (ASCE 7-05).....	39
Tabel 2.4 <i>Value of Blockage Coefficient, C_B</i>	40
Tabel 2.5 <i>Values of Response Ratio for Impulsive Loads, R_{max}</i> (ASCE 7-05)	40
Tabel 2.6 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung Meyerhof, Hansen & Vesic (Bowles,1996)	43
Tabel 2.7 Nilai rata-rata K (Mayerhof, 1976).....	45
Tabel 2.8 Hubungan Nilai k ₁ Terzaghi (Terzaghi, 1955).....	51
Tabel 2.9 Korelasi angka penetrasi standar dengan konsistensi tanah pada tanah kohesif (William dan Whitman,1969).....	54
Tabel 2.10 Korelasi angka penetrasi standar dengan konsistensi tanah pada tanah non-kohesif (William dan Whitman, 1969)	55
Tabel 2.11 Korelasi berat jenis tanah (γ) dan N-SPT pada tanah kohesif (Budhu, 2011)	57
Tabel 2.12 Korelasi berat jenis tanah (γ) dan N-SPT pada tanah non kohesif (Budhu, 2011)	57
Tabel 2.13 Korelasi hubungan antara jenis tanah dengan γ_{sat} dan γ_d (Budhu, 2011)	57
Tabel 2.14 Korelasi hubungan antara konsistensi tanah dengan nilai ϕ (Das, 1983)	58
Tabel 2.15 Nilai <i>poisson ratio</i> (ν) berdasarkan jenis tanah (Das, 1995)	59
Tabel 2.16 Nilai <i>void ratio</i> (e) untuk beberapa jenis tanah (Das, 1995).....	60
Tabel 2.17 Nilai Modulus Elastisitas berdasarkan Jenis Tanah (Bowles, 1996....	60

Tabel 4.1 Hubungan N-SPT dan klasifikasi tanah	75
Tabel 4.2 Nilai desain parameter <i>undrained shear strength</i>	77
Tabel 4.3 Nilai desain parameter kohesi	79
Tabel 4.4 Nilai desain parameter berat jenis tanah (γ)	81
Tabel 4.5 Nilai desain sudut geser dalam (ϕ)	83
Tabel 4.6 Nilai desain angka pori (e)	85
Tabel 4.7 Nilai desain modulus elastisitas	87
Tabel 4.8 <i>Summary</i> parameter tanah	89
Tabel 4.9 Data teknis fondasi	89
Tabel 4.10 Nilai Q_s tiang bor metode <i>casing</i>	92
Tabel 4.11 Nilai ϕ berdasarkan data tanah	94
Tabel 4.12 Nilai ϕ berdasarkan data tanah setelah terkena <i>scouring</i>	100
Tabel 4.13 <i>Summary</i> Fondasi Tiang Bor Metode <i>Casing</i>	109
Tabel 5.1 Data teknis fondasi	111
Tabel 5.2 <i>Summary</i> daya dukung fondasi tiang bor metode casing	112
Tabel 5.3 <i>Summary</i> perhitungan beban-beban lateral	112
Tabel 5.4 <i>Summary</i> daya dukung efektif fondasi	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur anatomi jembatan (www.engineeringclicks.com).....	2
Gambar 1.2 Jenis fondasi jembatan secara umum (Almuhithsyah, 2012).....	3
Gambar 2.1 Teknologi yang terkait dalam perencanaan struktur lepas pantai (Graff, 1981)	5
Gambar 2.2 Gaya-gaya lengkungan yang bekerja pada struktur lepas pantai (Selnes, 1982)	6
Gambar 2.3 Perbandingan antara struktur <i>gravity</i> di lepas pantai dengan bangunan bertingkat umum di daratan (Young et al, 1975)	7
Gambar 2.4 Konsep survei batimetri dengan <i>echosounder</i> (www.dennipasca.blogspot.com).....	9
Gambar 2.5 Contoh <i>Sonic Prospecting</i> (Parr, 1962).....	10
Gambar 2.6 Contoh pencatatan pasang surut air laut (http://en.wikipedia.org/wiki/Tide).....	11
Gambar 2.7 <i>Cone Penetrometer Test</i> (Courtesy of USGS).....	13
Gambar 2.8 <i>Seismic Cone Test</i> (Courtesy of Fugro Company)	14
Gambar 2.9 <i>Conductivity Probing</i> (Courtesy of BMNED)	15
Gambar 2.10 Pemasangan <i>Caisson</i> berbentuk silinder atau kotak dengan sisi tertutup (Bowles, 1986).....	17
Gambar 2.11 Cara pemasangan fondasi <i>caisson</i> sisi terbuka	19
Gambar 2.12 Cara pemasangan fondasi <i>pneumatic caisson</i>	20
Gambar 2.13 Jenis-jenis fondasi tiang pancang (Carson, 1965).....	21
Gambar 2.14 Tiang pancang baja pipa (www.isibangunan.com)	23
Gambar 2.15 Tiang beton pracetak (www.simantu.pu.go.id).....	24
Gambar 2.16 Tiang beton pratekan (www.simantu.pu.go.id).....	24

Gambar 2.17 Langkah-langkah pelaksanaan tiang bor metode kering (portalrekayasa.wordpress.com)	25
Gambar 2.18 Langkah-langkah pelaksanaan tiang bor metode basah (atpw.files.wordpress.com)	26
Gambar 2.19 Langkah-langkah pelaksanaan tiang bor metode casing (portalrekayasa.wordpress.com)	27
Gambar 2.20 Cofferdam (www.infrabazaar.com).....	28
Gambar 2.21 Troll offshore platform yang memiliki tinggi 600 m	29
Gambar 2.22 Contoh coal tar epoxy coating (escsteel.co.id)	30
Gambar 2.23 Contoh sacrificial anode system (escsteel.co.id)	31
Gambar 2.24 Ilustrasi terjadinya scouring pada tiang (usgs.gov).....	32
Gambar 2.25 Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal (Triatmodjo, 2009).....	35
Gambar 2.26 Grafik koefisien blok (Triatmodjo, 2009).....	35
Gambar 2.27 Kapal kargo Rusia menabrak jembatan di Korea Selatan (news.okezone.com).....	36
Gambar 2.28 Kapal tanker Eastern Glory menabrak Jembatan II Barelang Batam (batam.tribunnews.com).....	36
Gambar 2.29 Depth Coefficient, C_D (ASCE 7-05).....	39
Gambar 2.30 Blockage Coefficient, C_D (ASCE 7-05).....	40
Gambar 2.31 Jembatan Suramadu (menpan.go.id)	41
Gambar 2.32 Grafik variasi nilai (N_c^* dan N_q^*) terhadap nilai ϕ (Mayerhof, 1976)	43
Gambar 2.33 Tahanan gesek satuan untuk tiang dalam pasir (sipil.unublitar.ac.id)	46
Gambar 2.34 Variasi α dengan kohesi taksalur, c_u (Das, 1990).....	47

Gambar 2.35 Tahanan lateral ultimit pada tanah granuler untuk tiang Panjang (Hardiyatmo, 2008).....	50
Gambar 2.36 Tahanan lateral ultimit pada tanah kohesif untuk tiang Panjang (Broms,1964)	51
Gambar 2.37 Hubungan beban lateral terhadap defleksi lateral untuk tiang ujung jepit pada tanah tak berkohesi (granuler) (Hardiyatmo, 2008)	53
Gambar 2.38 Korelasi N-SPT terhadap <i>undrained shear strength</i> (S_u) (Terzaghi dan Peck,1967).....	56
Gambar 2.39 Pemasangan <i>casing</i> pipa baja (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	61
Gambar 2.40 <i>Steel casing</i> yang sudah terpasang (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	62
Gambar 2.41 Contoh <i>Platform Batching Plant</i> (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	63
Gambar 2.42 Campuran <i>Slurry</i> (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	64
Gambar 2.43 Proses pengeboran (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	64
Gambar 2.44 Skema pengeboran menggunakan <i>Reverse Circulating Drilling</i> (RCD) (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	65
Gambar 2.45 Proses instalasi tulangan (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	66
Gambar 2.46 Pengecoran fondasi <i>Bored Pile</i> (Jurnal Pelaksanaan Fondasi <i>Bored Pile Main-Bridge</i> Jembatan Suramadu, Chomaedi).....	67
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	69
Gambar 4.1 Statigrafi Kawasan Surabaya	70

Gambar 4.2 Data <i>Borelog</i> tanah di daerah Surabaya	71
Gambar 4.3 Hubungan antara <i>undrained shear strength</i> dan kedalaman.....	78
Gambar 4.4 Hubungan antara kohesi dan kedalaman.....	80
Gambar 4.5 Hubungan antara berat jenis tanah dan kedalaman	82
Gambar 4.6 Hubungan antara sudut geser dalam (ϕ) dan kedalaman.....	84
Gambar 4.7 Hubungan antara angka pori dan kedalaman	86
Gambar 4.8 Hubungan antara modulus elastisitas dan kedalaman	88
Gambar 4.9 Gambar fondasi tiang bor metode <i>casing</i>	90
Gambar 4.10 <i>Main bridge</i> jembatan Suramadu	107

DAFTAR NOTASI

A	luas penampang
A_p	luas penampang tiang
B	lebar kapal
c	kohesi tanah
C_B	koefisien <i>blockage</i>
C_b	koefisien blok kapal
C_c	koefisien bentuk dari tambatan
CD	koefisien <i>drag</i>
C_D	koefisien kedalaman
C_e	koefisien eksentrisitas
C_I	koefisien <i>importance</i>
C_m	koefisien massa
C_O	koefisien <i>orientation</i>
C_s	koefisien kekerasan
c_u	kuat geser tanah <i>undrained</i>
D	diameter tiang
d	<i>draft</i>
D_r	kerapatan relatif
D_s	diameter selimut tiang
e	angka pori
E	energi kinetic akibat benturan kapal
E_s	modulus elastisitas

E_p	modulus elastis tiang
f	Jarak kedalaman titik dimana gaya geser sama dengan nol
f_c'	kuat desak beton umur 28 hari
F_{brkp}	gaya arus
F_i	gaya <i>debris</i>
FS	faktor keselamatan
f_s	gesekan selimut tiang
f	tahanan gesek satuan pada setiap kedalaman
g	gaya gravitasi bumi
h	kedalaman lapisan tanah
H_b	tinggi arus pecah
H_u	daya dukung lateral
I_p	momen inersia tiang
K	koefisien tekanan tanah
K_b	koefisien tekanan tanah lateral
K_h	modulus reaksi <i>subgrade</i>
K_p	koefisien tekanan tanah pasif
l	jarak permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal
L	panjang kapal
L_{pp}	panjang garis air
m	nilai eksponen
M_c	karakteristik beban momen
M_y	momen maksimum yang dapat ditahan dtiang
n	nilai eksponen

n_h	koefisien modulus variasi
N_c	faktor daya dukung pada fondasi dalam
N_q	faktor daya dukung pada fondasi dalam
p	keliling penampang tiang
q'	Tegangan efektif vertikal pada kedalaman ujung tiang
Q_p	tahanan ujung tiang
Q_s	tahanan gesek selimut
Q_u	daya dukung ultimit tiang
Q_{all}	daya dukung ijin masing-masing tiang
r	jari-jari putaran disekililing pusat berat kapal pada permukaan air
R_I	rasio momen inersia
R_{max}	<i>maximum response ratio</i> untuk beban tabrakan
S_u	<i>undrained shear strength</i>
S_{max}	kedalaman maksimum gerusan lokal
S_{bu}	faktor bentuk tiang pancang
V	volume tanah
V	kecepatan kapal
V_b	berat jenis objek
V_c	karakteristik beban geser
W	berat
Z	kedalaman tanah
α	faktor adhesi
Δt	waktu tabrakan
ΔL	panjang tiang

δ	sudut gesek antara tanah-tiang
γ	berat volume tanah
γ_0	berat jenis air laut
λ	parameter tak berdimensi tegangan tanah
σ'_v	tegangan vertikal efektif
σ_r	tegangan referensi
σ_p	tekanan pasif tanah
ε_{50}	regangan pada saat 50% kuat geser tanah termobilisasi
ν	<i>poisson ratio</i>
ϕ	sudut geser dalam